

# ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ МЕДИ М1 ПОСЛЕ РАВНОКАНАЛЬНОГО УГЛОВОГО ПРЕССОВАНИЯ

**Чуков Д. И.<sup>1</sup>**

*Руководитель – к. т. н. Печина Е. А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Удмуртский государственный университет, г. Ижевск,

<sup>2</sup>Физико-технический институт УрО РАН, г.Ижевск, el\_pechina@mail.ru  
brodyaga\_1988@mail.ru

В последнее время наибольшее внимание для специалистов, занимающихся созданием и изучением новых материалов, представляют методы интенсивной пластической деформации (ИПД). Эти методы, такие как интенсивная пластическая деформация кручением (ИПДК) и равноканальное угловое прессование (РКУП), позволяют создавать материалы с уникальными конструкционными и технологическими свойствами. Также большой интерес представляет вопрос о влиянии последующей термообработки образцов полученных ИПД с целью дальнейшего формообразования полученных полуфабрикатов до изделия и выявления эксплуатационных характеристик будущего изделия [1].



Рис.1. Вид установки для РКУП.

Объектом исследования выбрана медь М1, широко применяемая в промышленности в электротехнике, приборостроении. Медь отлично поддается деформированию из-за высокой пластичности. Тем не менее, при ее упрочнении при пластической деформации происходит падение пластичности. Например, при холодной прокатке при достижении предела прочности 420 МПа, относительное удлинение составляет всего 2-4%. Применение методов ИПД позволяет наряду с повышенной прочностью получить хорошие пластические характеристики. Это обусловлено созданием в материале, подвергнутом ИПД, ультрамелкозернистой структуры (УМЗ). Таким образом, в данной работе изучена термостабильность меди, полученной РКУП с количеством проходов от 1 до 16 по маршруту Вс. Вид технологической оснастки для РКУП с углом пересечения каналов 90°, установленной

на базе гидравлического пресса, представлена на рис.1. ИПД подвергали прутки диаметром 20 мм и длиной 100 мм.

Известно, что при ИПД меди формируется УМЗ-структура (размер зерна  $\geq 100$  нм) с неравновесными границами зерен, что и является причиной упрочнения. Для определения влияния неравновесности границ на упрочнение проведены кратковременные нагревы на структуру меди, подвергнутой РКУП.



Рис.2. Вид образцов для механических испытаний ( $l=26\text{мм}$ ,  $d=4\text{мм}$ ).

Термостабильность структуры и свойств меди после ИПД изучена с помощью измерения микротвердости, рентгеноструктурного анализа и металлографии после низкотемпературных кратковременных нагревов. Сверхпластичность меди после ИПД исследована с помощью механических испытаний на одноосное растяжение при комнатной температуре и скоростях деформации от  $10^{-2}$  до  $10^{-4}$  с $^{-1}$ . Вид образцов представлен на рис.2. Микроискажения кристаллической решетки определяли по изменению интенсивности и уширения дифракционных линий по данным рентгеновской дифракции. Размер и морфологию зерен анализировали на травленых шлифах до и после ИПД методом оптической микроскопии на Neophot 3. Неоднородность деформации оценена измерением микротвердости на приборе ПМТЗ.

Вид диаграмм растяжения меди после РКУП представлена на рис.3.

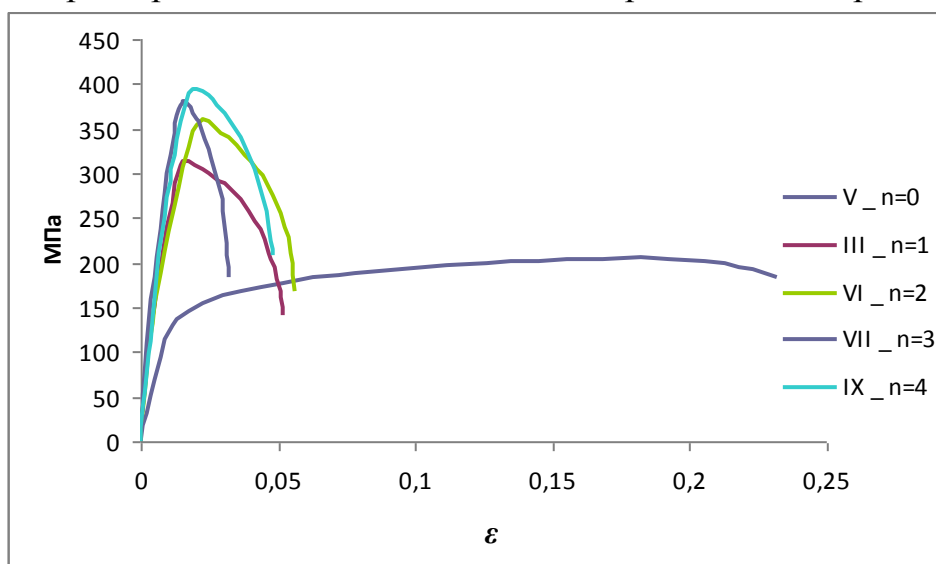


Рис.3. Диаграммы растяжения меди после РКУП.

Таким образом, в настоящей работе можно сформулировать следующие выводы.

Показано, что при кратковременных нагревах меди после РКУП при температурах от 150 до 500°C происходят значительные изменения структуры и механических свойств (рис.4).

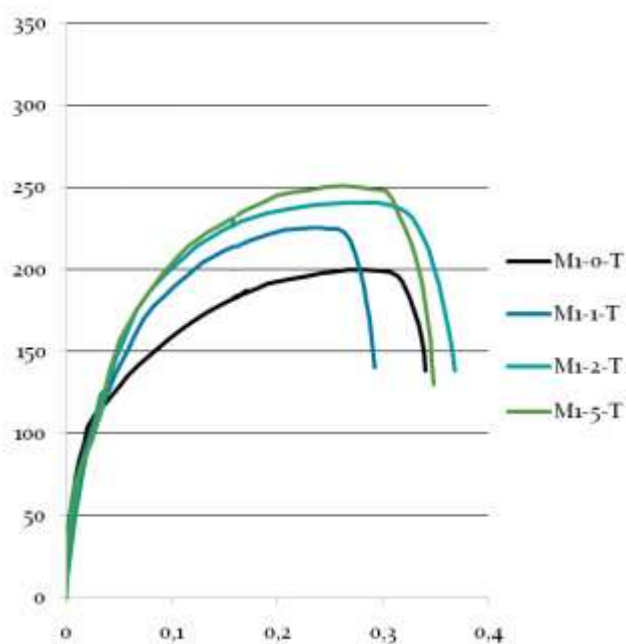


Рис.4. Диаграммы растяжения меди после РКУП + ТО (300°C, 5 мин)

Измерение микротвердости меди до и после нагрева показало уменьшение ее значения в 2 раза уже после 5 мин выдержки при 300°C и незначительное изменение с увеличением времени выдержки, что обусловлено протекающими процессами релаксации структуры в ходе нагрева, а именно переходом неравновесных границ зерен в равновесное состояние.

Обнаружено, что кратковременный нагрев меди М1 после РКУП 5 проходов в интервале от 150° до 500°C в течение 15 мин вызывает падение прочности до значения недеформированной меди. При этом относительное удлинение достигает 30-62%, что выше значения недеформированной меди которое составляет 28%. Таким образом медь, полученная РКУП и последующим кратковременным нагревом в интервале от 150° до 500°C проявляет эффект сверхпластичности при комнатной температуре, что обусловлено УМЗ структурой.

Вид изломов образцов после одноосного растяжения деформированной методом РКУП меди с увеличением количества проходов становится более ровным, что указывает также на формирование однородной структуры.

[1] Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 398 с.

Авторы очень признательны коллективу Института физики перспективных материалов – УГАТУ (г. Уфа) за оказанную помощь в освоении методов ИПД.